

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-237766

(P2002-237766A)

(43) 公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 4 B	1/707	H 0 1 Q 3/26	Z 5 J 0 2 1
H 0 1 Q	3/26	H 0 4 B 7/08	D 5 K 0 2 2
H 0 4 B	7/08	H 0 4 J 13/00	D 5 K 0 5 9

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-32870 (P2001-32870)

(22) 出願日 平成13年2月8日 (2001.2.8)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 吉田 尚正

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100084250

弁理士 丸山 隆夫

Fターム(参考) 5J021 AA06 CA06 DB02 DB03 EA04

FA14 FA15 FA16 FA17 FA20

FA26 FA29 FA30 FA32 GA02

HA05 HA10

5K022 EE01 EE31

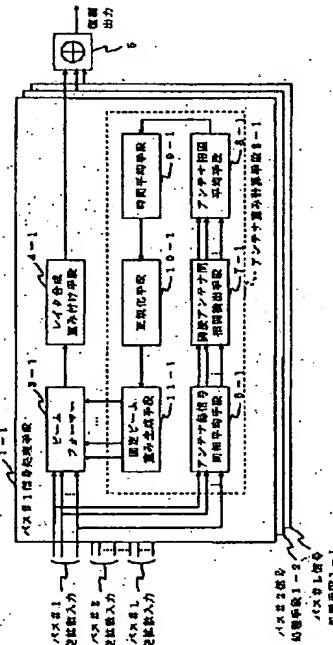
5K059 AA08 BB08 CC00 DD31

(54) 【発明の名称】 適応アンテナ受信装置

(57) 【要約】

【課題】 隣接アンテナ間の相関を全アンテナに渡って検出し、それらを加算することで付加的な平均効果を得るとともに、アンテナ重みとして固定ビーム重みを用いることで、アンテナ重み計算の平均時間が短い場合でもビーム中心方向のずれが少なく、ビーム帯域外の干渉抑圧特性に優れた適応アンテナ受信装置を提供する。

【解決手段】 符号分割多重アクセス信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、バス毎に隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した相関を平均して正規化したベクトルに基づき希望波の各バス到来方向に固有の固定ビームを形成し、各バスを受信し合成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division MultipleAccess）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、

当該装置は、バス毎に隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した相関を平均して正規化したベクトルに基づき希望波の各バス到来方向に固有の固定ビームを形成し、各バスを受信し合成することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項2】 符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division MultipleAccess）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、

当該装置は、複数チップに渡り逆拡散した各信号系列で隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した各相関を平均して正規化したベクトルに基づき前記信号系列毎の到来方向に固有の固定ビームを形成して、それぞれの信号系列の出力から生成した遅延プロファイルに基づきバスタイミングを検出することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項3】 符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division MultipleAccess）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、
当該装置は、複数チップに渡り逆拡散した各信号系列で隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した各相関を平均して正規化したベクトルに基づき、それぞれの信号系列の到来方向に固有の固定ビームを形成して、それぞれの信号系列の出力から生成した遅延プロファイルに基づきバスタイミングを検出し、当該バスタイミングとバスタイミングにおける前記固定ビームとを用いて各バスを受信し合成することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項4】 前記装置は、アンテナ重みをアレーアンテナの幾何学的中心における受信信号に0位相シフトを与えるように前記固定ビームを生成することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項5】 符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division MultipleAccess）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、

前記適応アンテナ受信装置は、各アンテナの逆拡散信号を同相平均するバス毎のアンテナ毎信号同相平均手段と、

当該アンテナ毎信号同層平均手段による出力毎に隣接アンテナ間で相関を検出する隣接アンテナ間相関検出手段と、

当隣接アンテナ間相関検出手段による出力を平均するアンテナ相関平均手段と、

当該アンテナ相関平均手段による出力を時間平均する時間平均手段と、

当該時間平均手段による出力を正規化する正規化手段と、

10 前記正規化手段による出力の固定をとる固定ビーム重み生成手段と、

前記固定ビーム重み生成手段の出力を用いて前記逆拡散信号にビームフォーミングを施すビームフォーマーと、当該ビームフォーマーの出力と固定ビーム重み生成手段の出力とを用いて重み付けを行うレイク合成重み付け手段と、

各バスの前記レイク合成重み付け手段の出力を合成し、復調信号を出力する合成器と、を有することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

20 【請求項6】 符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division MultipleAccess）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、

前記適応アンテナ受信装置は、複数チップに渡り受信信号を逆拡散した信号系列を出力するスライディング相関器と、

各アンテナの信号を同相平均する前記各信号系列毎のアンテナ毎信号同相平均手段と、

30 当該アンテナ毎信号同層平均手段による出力を隣接アンテナ間で相関を検出する隣接アンテナ間相関検出手段と、

当該隣接アンテナ間相関検出手段による出力を平均するアンテナ相関平均手段と、

当該アンテナ相関平均手段による出力を時間平均する時間平均手段と、

時間平均手段による出力を正規化する正規化手段と、

正規化手段による出力から固定をとる固定ビーム重み生成手段と、

40 固定ビーム重み生成手段の出力を用いて、前記逆拡散信号系列にビームフォーミングを施すビームフォーマーと、

当該ビームフォーマーの出力から遅延プロファイルを生成する遅延プロファイル生成手段と、

当該遅延プロファイルからバスタイミングを検出するバスタイミング検出手段と、を有することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項7】 符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division MultipleAccess）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信

するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、

前記適応アンテナ受信装置は、

複数チップに渡り受信信号を逆拡散した信号系列を出力するスライディング相関器と、

前記各信号系列毎に設けられた、各アンテナの信号を同相平均するアンテナ毎信号同相平均手段と、

前記アンテナ毎信号同相平均手段による出力を隣接アンテナ間で相関を検出する隣接アンテナ間相関検出手段と、

当該隣接アンテナ間相関検出手段の出力を平均するアンテナ相関平均手段と、

当該アンテナ相関平均手段の出力を時間平均する時間平均手段と、

当該時間平均手段の出力を正規化する正規化手段と、

当該正規化手段の出力から固定をとる固定ビーム重み生成手段と、

当該固定ビーム重み生成手段の出力を用いて前記逆拡散信号系列にビームフォーミングを施す第1のビームフォーマーと、

当該第1のビームフォーマーの出力から遅延プロファイルを生成する遅延プロファイル生成手段と、

前記遅延プロファイルからバスタイミングを検出するバスタイミング検出手段と、

前記バスタイミングと前記バスタイミングにおける前記固定ビームとで各バスを受信するバス毎の第2のビームフォーマーと、

当該第2のビームフォーマーの出力に重み付けをする各バス毎のレイク合成重み付け手段と、

各バス毎のレイク合成重み付け手段の出力を合成して復調信号を出力する合成器と、を有することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項8】 前記固定ビーム生成手段は、アレーアンテナの幾何学的中心における受信信号に0位相シフトを与えるように固定ビームのアンテナ重みを生成することを特徴とする請求項5から7のいずれか1項に記載の適応アンテナ受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は適応アンテナ受信装置に関し、特に、符号分割多重アクセス(CDMA: Code Division Multiple Access)信号を受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を除去する適応アンテナ受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 符号分割多重アクセス方式は、加入者容量を増大できるため、次世代の移動通信セルラシステムの無線アクセス方式として期待されている。しかし、基地局受信側では同時アクセスする他ユーザ信号が干渉してしまふ。そこで、他ユーザ信号の干渉を除去するた

めに適応アレーアンテナが提案されている。

【0003】 適応アレーアンテナは、複数のアンテナで信号を受信し、受信した信号を複素数の重み付け合成を行う。次いで、各アンテナの受信信号の振幅、位相を制御して指向性ビームを形成する。これにより、希望ユーザ信号のみを受信し、また、他ユーザ干渉信号を抑圧することを可能にする。一般に、適応アンテナのアンテナ重みの決定方法としては、以下の2つの方法が知られている。

10 【0004】 1つは、最小二乗平均誤差(MMSE: Minimum Mean Square Error)基準に、従いLMS(Least Mean Square: 最小二乗平均)やRLSなどの適応更新アルゴリズムを用いてフィードバック制御で重みを決定する方法(フィードバック制御方法)である。

【0005】 他の1つは、アンテナ受信信号からMUSICやESPRITなどの到来方向推定アルゴリズムを用いて希望波の到来方向を推定し、その方向にビームを向けるオープンループ制御方法である。

20 【0006】 このオープンループ制御方法は、フィードバック制御方法と比べ、少ない受信信号系列からでもアンテナ重みを精度よく計算できるという利点がある一方、演算量が大きくなってしまふという欠点がある。

【0007】 これに対し、特開平11-274978号公報では、オープンループ制御方法において、複雑な到来方向推定アルゴリズムを用いずに簡易にアンテナ重みを決定する方法を用いた「無線基地局のアレーアンテナシステム」が提案されている。

【0008】 この従来技術における適応アンテナ受信装置を図8に示す。この適応アンテナ受信装置は、L(Lは正の整数)個のバス信号処理手段101-1~101-Lを有する。Lは、符号分割多重アクセス信号を受信し復調するために、バス処理信号処理手段が移動通信環境におけるマルチバス伝搬路に対応した数、すなわちバス数を採用する。

【0009】 バス信号処理手段101-1~101-Lは、それぞれ、アンテナ重み計算手段102-1~102-L、ビームフォーマー103-1~103-L、およびレイク合成重み付け手段104-1~104-Lを有する。なお、以下の説明ではバス#1信号処理手段101-1について説明するが、バス#2信号処理手段101-2~101-Lも101-1同様である。

【0010】 アンテナ重み計算手段102-1は、アンテナ毎信号同相平均手段106-1、対基準アンテナ相関検出手段107-1、および時間平均手段108-1を有する。アンテナ毎信号同相平均手段106-1は、各バスの逆拡散されたシンボルの位相を合わせてベクトル加算することでSINRを改善する。なお、シンボルに変調がかかっている場合にはこの操作を行うことはできないが、パイロット信号を用いることで既知パイロットシンボルにより変調を除去して同相加算を行うことが

可能となる。また、同相平均を行うシンボル数は、その数が多いほどSINRを改善できが、フェージングなどにより速い位相変動がある場合には限定される。また、アンテナ毎信号同相平均手段106-1は、平均シンボル数や各シンボルの重み付け方法として、任意の数、方法を採用できる。

【0011】対基準アンテナ相関検出手段107-1 *

$$R(i, j, m) = Z_{e1}(i, j, m) Z_{e1}^*(i, 1, m) \cdots (1)$$

ここで、 i (i は1~Lの整数)はバス番号、 j (j は2~Nの整数)はアンテナ番号、 m (m は正の整数)はアンテナ毎信号同相平均手段106-1の出力 $Z_{e1}(i, j, m)$ の出力番号である。

【0013】図5には、アレーアンテナ61-1~61-N (N は正の整数)で受信される信号の様子を示す。各アンテナで受信される信号の位相は、その到来方向に依存して遅れが生じる。例えば、アンテナ素子61-1 (基準アンテナ素子)で受信される信号の位相は、 j 番 (j は1~Nの整数)のアンテナ素子61-jが受信する信号より、 $(j-1)(2\pi d/\lambda) \sin \phi$ 、だけ位相が遅れる。ここで、 ϕ は信号到来方向、 d は隣接アンテナ間隔、 λ は信号波長である。したがって、 $R(i, j, m)$ の位相は、理想的には、 $(j-1)(2\pi d/\lambda) \sin \phi$ と検出される。

【0014】時間平均手段108-1は、対基準アンテナ相関検出手段107-1からの複数の出力を平均する。この平均化に用いる平均時間や重み付け方法としては、任意の時間・方法を採用できる。時間平均手段108-1の出力はアンテナ重み $w(i, j, m)$ となる。

【0015】ビームフォーマー103-1は、時間平均手段108-1の出力であるアンテナ重み $w(i, j, m)$ を用いて各アンテナ受信信号の重み付け合成を行う。すなわち、アンテナ重み計算手段102-1Lで計算されたアンテナ重みを用い、バス毎のアンテナ指向性ビームで逆拡散信号を受信する。図3に、バス#1のビームフォーマー103-1の構成を示す。ここでアンテナ数を N (N は正の整数)とする。

【0016】ビームフォーマー103-1~103-Lは、それぞれ、複素共役手段(41-1-1~N)~(41-L-1~N)、乗算器(42-1-1~N)~(42-L-1~N)、合成器43-1~43-Lを有する。複素共役手段41-1-1~41-1-Nは、アンテナ重み $w(i, j, m)$ の複素共役 $w^*(i, j, m)$ をとる(アンテナ重み w 、およびその複素共役 w^* では、 j は1以上の整数)。乗算器42-1-1~42-1-Nは、バス#1での逆拡散入力に対してアンテナ重みの複素共役 $w^*(i, j, m)$ を乗じる。合成器43-1は、乗算器42-1-1~42-1-Nの各出力を加算し、ビームフォーマー出力を計算する。

【0017】アンテナ重みの複素共役 $w^*(i, j, m)$ の位相は、理想的には、 $-(j-1)(2\pi d/\lambda) \sin \phi$ となる。従って、ビームフォーマー103-1は、 ϕ の方向から到来する信号に対して、各アンテナの受信信号の位相を基準となるアンテナ素子61-1の受信信号の位相に合わせて合成するように働く。

また、 ϕ と異なる方向から到来する信号に対しては位相が合わないため、 ϕ に利得を有し、 ϕ 以外の方向の利得を低減するビームを形成することが可能となる。

【0012】例えば、基準アンテナを1番とすると、対基準アンテナ相関検出手段107-1の出力は、下記式1で表すことができる。

【0018】レイク合成重み付け手段104-1は、ビームフォーマー103-1の出力の位相、すなわち基準アンテナの位相変動を補償するとともに、各バスの合成(レイク合成)を行うための重み付けを行う。すなわち、各バスのビーム出力に重み付けを行う。この重み付けは、合成後のSINR (Signal to Interference and Noise Ratio: 希望信号対干渉雑音電力比)が最大になるように行う。

【0019】合成器105は、各バスの重み付けされた出力を加算し、復調出力を得る。すなわち、バス信号処理手段101-1~101-Lからの出力を加算することで、高品質な復調出力を得る。

【0020】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来の適応アンテナ受信装置では、アンテナ毎信号同相平均手段105-1~105-L、あるいは時間平均手段108-1~108-Lでの平均時間が十分長い場合にしか各アンテナの受信信号の位相を基準アンテナの位相に合わせることができない。すなわち、このような場合にしか信号到来方向 ϕ にビームの中心を向けることができない。

【0021】つまり、平均時間が短い場合には干渉や雑音によりアンテナ重みの位相精度が劣化するため、ビーム中心方向がずれてしまい、また、ビーム帯域外の干渉抑圧特性も極めて劣化したものになってしまう。

【0022】本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、隣接アンテナ間の相関を全アンテナに渡って検出し、それらを加算することで付加的な平均効果を得るとともに、アンテナ重みとして固定ビーム重みを用いることで、アンテナ重み計算の平均時間が短い場合でもビーム中心方向のずれが少なく、ビーム帯域外の干渉抑圧特性に優れた適応アンテナ受信装置を提供することを目的とする。

【0023】【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するため

めに、請求項1記載の適応アンテナ受信装置の発明は、符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、装置は、バス毎に隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した相関を平均して正規化したベクトルに基づき希望波の各バス到来方向に固有の固定ビームを形成し、各バスでの受信波を合成することを特徴とする。

【0024】請求項2記載の適応アンテナ受信装置の発明は、符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、装置は、複数チップに渡り逆拡散した各信号系列で隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した各相関を平均して正規化したベクトルに基づき信号系列毎の到来方向に固有の固定ビームを形成して、それぞれの信号系列の出力から生成した遅延プロファイルに基づきバスタイミングを検出することを特徴とする。

【0025】請求項3記載の適応アンテナ受信装置の発明は、符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、装置は、複数チップに渡り逆拡散した各信号系列で隣接アンテナ間の相関を複数検出し、検出した各相関を平均して正規化したベクトルに基づき、それぞれの信号系列の到来方向に固有の固定ビームを形成して、それぞれの信号系列の出力から生成した遅延プロファイルに基づきバスタイミングを検出し、バスタイミングとバスタイミングにおける固定ビームとを用いて各バスでの受信波を合成することを特徴とする。

【0026】請求項4記載の発明は、請求項1から3のいずれか1の適応アンテナ受信装置において、装置は、アンテナ重みをアレーアンテナの幾何学的中心における受信信号に0位相シフトを与えるように固定ビームを生成することを特徴とする。

【0027】請求項5記載の適応アンテナ受信装置の発明は、符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、適応アンテナ受信装置は、各アンテナの逆拡散信号を同相平均するバス毎のアンテナ毎信号同相平均手段と、アンテナ毎信号同層平均手段による出力毎に隣接アンテナ間で相関を検出する隣接アンテナ間相関検出手段と、当隣接アンテナ間相関検出手段による出力を平均するアンテナ相関平均手段と、アンテナ相関平均手段による出力を時間平均する時間平均手段と、時間平均手段による出力

を正規化する正規化手段と、正規化手段による出力から固定ビーム重みを生成する固定ビーム重み生成手段と、固定ビーム重みを用いて逆拡散信号にビームフォーミングを施すビームフォーマーと、ビームフォーマーの出力に、固定ビーム重み作成手段で作成された固定ビーム重みを用いて重み付けを行うレイク合成重み付け手段と、各バスのレイク合成重み付け手段の出力を合成し、復調信号を出力する合成器と、を有することを特徴とする。

【0028】請求項6記載の適応アンテナ受信装置の発明は、符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、適応アンテナ受信装置は、複数チップに渡り受信信号を逆拡散した信号系列を出力するスライディング相関器と、各アンテナの信号を同相平均する各信号系列毎のアンテナ毎信号同相平均手段と、アンテナ毎信号同層平均手段による出力を隣接アンテナ間毎に相関を検出する隣接アンテナ間相関検出手段と、隣接アンテナ間相関検出手段による出力を平均するアンテナ相関平均手段と、アンテナ相関平均手段による出力を時間平均する時間平均手段と、時間平均手段による出力を正規化する正規化手段と、正規化手段による出力から固定ビーム重みを生成する固定ビーム重み生成手段と、固定ビーム重みを用いて、逆拡散信号系列にビームフォーミングを施すビームフォーマーと、ビームフォーマーの出力から遅延プロファイルを生成する遅延プロファイル生成手段と、遅延プロファイルからバスタイミングを検出するバスタイミング検出手段と、を有することを特徴とする。

【0029】請求項7記載の適応アンテナ受信装置の発明は、符号分割多重アクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）信号をアレーアンテナで受信し、指向性ビームを適応的に形成して希望波を受信するとともに干渉を抑圧する適応アンテナ受信装置であって、適応アンテナ受信装置は、複数チップに渡り受信信号を逆拡散した信号系列を出力するスライディング相関器と、各信号系列毎に設けられた、各アンテナの信号を同相平均するアンテナ毎信号同相平均手段と、アンテナ毎信号同層平均手段による出力を隣接アンテナ間で相関を検出する隣接アンテナ間相関検出手段と、隣接アンテナ間相関検出手段の出力を平均するアンテナ相関平均手段と、アンテナ相関平均手段の出力を時間平均する時間平均手段と、時間平均手段の出力を正規化する正規化手段と、正規化手段の出力から固定ビーム重みを生成する固定ビーム重み生成手段と、固定ビーム重みを用いて逆拡散信号系列にビームフォーミングを施す第1のビームフォーマーと、第1のビームフォーマーの出力から遅延プロファイルを生成する遅延プロファイル生成手段と、遅延プロファイルからバスタイミングを検出するバスタイミング検出手段と、バスタイミングとバスタイミングにお

る固定ビームとで各バスを受信するバス毎の第2のビームフォーマーと、第2のビームフォーマーの出力に重み付けをする各バス毎のレイク合成重み付け手段と、各バス毎のレイク合成重み付け手段の出力を合成して復調信号を出力する合成器と、を有することを特徴とする。

【0030】請求項8記載の発明は、請求項5から7のいずれか1の適応アンテナ受信装置において、固定ビーム生成手段は、アレーアンテナの幾何学的中心における受信信号に0位相シフトを与えるように固定ビームのアンテナ重みを生成することを特徴とする。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【0032】（第1の実施の形態）本発明による第1の実施の形態について、図1を用いて説明する。本発明による第1の適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス信号を受信し復調するために、移動通信環境におけるマルチバス伝送路に対応するバス信号処理手段1-1〜1-Lを有する。すなわち、L（Lは正の整数）個のマルチバス伝送路がある場合、バス信号処理手段をL個設ける。

【0033】この適応アンテナ受信装置は、バス信号処理手段1-1〜1-Lと合成器5とを有する。バス信号処理手段1-1〜1-Lは、それぞれアンテナ重み計算手段2-1〜2-L、ビームフォーマー3-1〜3-L、およびレイク合成重み付け手段4-1〜4-Lを有*

$$R(i, j, m) = Z_{e1}(i, j, m) Z_{e1}^*(i, j-1, m) \dots (2)$$

ここで、i（1〜Lの整数）はバス番号、j（2〜Nの整数）はアンテナ番号、m（正の整数）はアンテナ毎信号同相平均手段6-1の出力 $Z_{e1}(i, j, m)$ の出力番号である。図5にも示すように、 $R(i, j, m)$ の位相は、理想的には、 $(2\pi/\lambda) \sin \phi$ と検出される。

$$R(i, m) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=2}^N R(i, j, m) \dots (3)$$

【0039】すなわち、本発明に係る適応アンテナ受信装置は、隣接アンテナ間相関検出手段7-1を設けて隣接アンテナ間の受信信号間の相関 $R(i, j, m)$ を求め、アンテナ相関平均手段8-1を設けて、隣接アンテナ間相関検出手段7-1の出力 $R(i, j, m)$ を平均化する。別言すれば、アンテナ間にわたる付加的な平均操作を行う。この構成を採用することで、後述する本発明による効果を生じせしめる第1の要因となる。★

$$R_{av}(i, m) = (1 - \lambda_{av}) R(i, m) + \lambda_{av} R_{av}(i, m-1) \dots (4)$$

なお、時間平均手段9-1は、平均時間や重み付け方法として任意の時間、方法を採用できる。

【0042】正規化手段10-1は、時間平均手段9-

*する。なお、以下には、バス#1に対応するバス信号処理手段1-1について説明するが、バス信号処理手段1-2〜1-Lについても1-1と同様である。

【0034】アンテナ重み計算手段2-1は、アンテナ毎信号同相平均手段6-1、隣接アンテナ間相関検出手段7-1、アンテナ相関平均手段8-1、時間平均手段9-1、正規化手段10-1、および固定ビーム重み生成手段11-1を有する。

【0035】アンテナ毎信号同相平均手段6-1は、各バスの逆拡散されたシンボルの位相を合わせてベクトル加算することでSINRを改善する。なお、シンボルに変調がかかっている場合にはこの操作を行うことはできないが、パイロット信号を用いることで既知パイロットシンボルにより変調を除去し同相加算を行うことができる。また、同相平均を行うシンボル数は、大きいほどSINRを改善できるが、フェージングなどにより速い位相変動がある場合には限定される。なお、アンテナ毎信号同相平均手段6-1は、平均シンボル数や各シンボルの重み付け方法として、任意の数・方法を採用できる。

【0036】隣接アンテナ間相関検出手段7-1は、隣接するアンテナの受信信号間の相関を検出する。具体的にはj-1番のアンテナ受信信号の複素共役信号をj番のアンテナの受信信号に乗じる。隣接アンテナ間相関検出手段7-1の出力は下記式2により表すことができる。

※【0037】アンテナ相関平均手段8-1は、隣接アンテナ間相関検出手段7-1の出力を下記式3により平均する。

【0038】
【数1】

★【0040】時間平均手段9-1は、アンテナ相関平均手段8-1の複数の出力を平均化する。別言すれば、アンテナ相関平均手段8-1の複数の出力に渡って平均処理を行う。

【0041】例えば、忘却係数 λ_{av} による加重平均を行う場合の時間平均手段9-1〜9-Lの出力 $R_{av}(i, m)$ は、下記式4により表すことができる。

1の出力ベクトル $R_{av}(i, m)$ の正規化を行う。正規化ベクトル $R_{av, n}(i, m)$ は下記式5で表すことができる。ここでN（正の整数）は、アンテナ数である。

【0043】

* * 【数2】

$$R_{AVN}(i, m) = \frac{R_{AV}(i, m)}{|R_{AV}(i, m)|} \dots (5)$$

【0044】また、アンテナ数Nが偶数の場合には、R ※により生成する。

 $R_{AVN}(i, m)$
 $R_{AVN2}(i, m)$

$$R_{AVN2}(i, m) = \frac{R_{AVN}(i, m) + 1.0}{|R_{AVN}(i, m) + 1.0|} \dots (6)$$

【0046】固定ビーム重み生成手段11-1は、アレ
ーアンテナの幾何学的中心において、受信信号の位相が
0シフトとなるように固定ビーム重みを生成する。つま
り、固定をとる。固定ビーム重み $w(i, j, m)$ は、
アンテナ数Nが偶数の場合と奇数の場合とで、それぞれ
以下のように算出できる。

★【0047】アンテナ数Nが偶数の場合には、固定ビー
ム重み $w(i, j, m)$ は、下記式7で表すことができ
る。

【0048】

【数4】

$$w(i, j, m) = \frac{1}{N} R_{AVN2}(i, m) \quad \left(j = \frac{N}{2} + 1 \right)$$

$$w(i, j, m) = w(i, j-1, m) R_{AVN}(i, m) \quad \left(\frac{N}{2} + 1 \leq j \leq N \right)$$

$$w(i, j, m) = \frac{1}{N} R_{AVN2}^*(i, m) \quad \left(j = \frac{N}{2} \right)$$

$$w(i, j, m) = w(i, j+1, m) R_{AVN}^*(i, m) \quad \left(1 \leq j \leq \frac{N}{2} - 1 \right)$$

... (7)

【0049】アンテナ数Nが奇数の場合には、次式で固
定ビーム重み $w(i, j, m)$ は、下記式8で表すこと
ができる。

☆【0050】

【数5】

$$w(i, j, m) = \frac{1}{N} \quad \left(j = \frac{N+1}{2} \right)$$

$$w(i, j, m) = w(i, j-1, m) R_{AVN}(i, m) \quad \left(\frac{N+1}{2} + 1 \leq j \leq N \right)$$

$$w(i, j, m) = w(i, j+1, m) R_{AVN}^*(i, m) \quad \left(1 \leq j \leq \frac{N+1}{2} - 1 \right)$$

... (8)

【0051】このようにアンテナ重み生成においてアン
テナの幾何学的中心を0位相シフトとする理由は、アン
テナ重み計算の誤差によって固定ビームの中心が本来の
信号到来方向 ϕ に対してずれた場合に、ビームフォー
ミングした出力信号の位相がずれてしまうことを防ぐた
めである。

【0052】ビームフォーマー出力での伝送路推定など
で複数のアンテナ重み更新周期に渡り位相平均を行う場

合には、この位相のずれは極めて重大な問題となってい
まう。そこで、アンテナの幾何学的中心を0位相シフト
とすることで、ビーム中心がずれた場合でもビームフォー
マー出力を常に一定位相とすることが可能になる。な
お、ビームフォーマー出力で複数のアンテナ重み更新周
期に渡り位相平均を行わない場合には、アンテナの0位
相シフトの位置は任意に設定することができる。この隣
接アンテナ位相差情報を持つ正規化ベクトルに基づく固

定ビーム重みを生成することが、本発明の効果を生じせしめる第2の要因となる。

【0053】なお、正規化手段10-1と固定ビーム重み生成手段11-1は、以下のように実現してもよい。

正規化手段10-1は、まず時間平均手段9-1の出力*

*ベクトル $R_{AV}(i, m)$ の位相 $\theta(i, m)$ を逆正接操作により計算する。すなわち、下記式9よりこの位相 $\theta(i, m)$ を計算する。

【0054】

【数6】

$$\theta(i, m) = \tan^{-1} \frac{\text{Im}[R_{AV}(i, m)]}{\text{Re}[R_{AV}(i, m)]} \quad \dots (9)$$

【0055】次に、正規化ベクトル $R_{AVN}(i, m)$ を※※下記式10を用いて算出する。

$$R_{AVN}(i, m) = \cos[\theta(i, m)] + j \sin[\theta(i, m)] \quad \dots (10)$$

★ m)を生成する。このベクトルは、下記式11で表すことができる。

【0056】また、正規化手段10-1は、 $R_{AVN}(i, m)$ に加えて、 $R_{AV}(i, m)$ の $(N-1)/2$ 倍の位相を持つ正規化ベクトル $R_{AVN2}(i, m)$ ★

【0057】

【数7】

$$R_{AVN2}(i, m) = \cos\left[\frac{N-1}{2}\theta(i, m)\right] - j \sin\left[\frac{N-1}{2}\theta(i, m)\right] \quad \dots (11)$$

【0058】固定ビーム重み生成手段11-1は、アレキサンダの幾何学的中心において受信信号の位相が0

☆できる(固定ビーム重み w における j は1~Nの正の数)。

シフトとなるように固定ビーム重みを生成する。固定ビーム重み $w(i, j, m)$ は、下記式12で表すことが☆20

【0059】

【数8】

$$w(i, j, m) = \frac{1}{N} R_{AVN2}(i, m) \quad (j=1)$$

$$w(i, j, m) = w(i, j-1, m) R_{AVN}(i, m) \quad (2 \leq j \leq N)$$

... (12)

【0060】また、固定ビーム重み作成手段11-1は、固定ビーム重み生成手段 $R_{AVN2}(i, m)$ の代わりとして $R_{AV}(i, m)$ の1/2倍の位相を持つ正規化ベクトル $R_{AVN2}(i, m)$ を生成するようにしてもよい。この

◆場合、 $R_{AVN2}(i, m)$ は、下記式13で表わすことができる。

【0061】

【数9】

$$R_{AVN2}(i, m) = \cos\left[\frac{1}{2}\theta(i, m)\right] + j \sin\left[\frac{1}{2}\theta(i, m)\right]$$

... (13)

【0062】ビームフォーマー3-1は、固定ビーム重み生成手段11-1の出力であるアンテナ重みを用いて各アンテナ受信信号の重み付け合成を行う。すなわち、アンテナ重み計算手段2-1で計算されたアンテナ重みを用い、バス毎のアンテナ指向性ビームで逆拡散信号を受信する。

【0063】図3に、バス#1のビームフォーマー3-1の構成例を示す。ここでアンテナ数を N (N は正の整数)とする。ビームフォーマー3-1~3-Lは、それぞれ複素共役手段(41-1-1~ N)~(41-L-1~ N)、乗算器(42-1-1~ N)~(42-L-1~ N)、および合成器43-1~ L を有する。ここでは、ビームフォーマー3-1を例に取り説明する。

【0064】複素共役手段41-1-1~41-L-1は、アンテナ重みの複素共役をとる。乗算器42-1-1~

1~42-L-1~ N は、バス#1の逆拡散入力にアンテナ重みの複素共役を乗じる。合成器43-1は、乗算器42-1-1~42-L-1~ N の各出力を加算し、ビームフォーマー出力を計算する。

【0065】ビームフォーマー3-1は、 ϕ_0 の方向から到来する信号に対して、各アンテナの受信信号の位相をアンテナの幾何学的中心での受信信号の位相に合わせて合成するように働く。すなわち、 ϕ_0 と異なる方向から到来する信号に対しては位相が合わないため、 ϕ_0 に利得を有し、 ϕ_0 以外の方向の利得を低減するビームを形成することができる。ビームフォーマー3-1は固定ビームであるため、そのビーム利得特性は、下記式14で表わすことができる。

【0066】

【数10】

$$g(\phi) = 10 \log_{10} \left| \frac{\sin \left[\frac{N\pi}{2} (\sin \phi - \sin \phi_0) \right]}{N \sin \left[\frac{\pi}{2} (\sin \phi - \sin \phi_0) \right]} \right|^2 \quad \dots (14)$$

【0067】図6には、信号到来方向 ϕ に正しくビームの中心が向けられる場合を仮定し、本発明による適応アンテナ受信装置で形成されたビームの利得特性を示す。なお、ここではバス数を2とする。

【0068】レイク合成重み付け手段4-1は、ビームフォーマー3-1の出力の位相変動を補償するとともに、各バスの合成(レイク合成)を行うための重み付けを行う。

【0069】図4に、バス#1のレイク合成重み付け手段4-1の構成を示す。レイク合成重み付け手段4-1は、伝送路推定手段51-1、複素共役手段52-1、乗算器53-1、干渉電力推定手段54-1、逆数計算手段55-1、および乗算器56-1を有し、最大比合成を実現する[希望波振幅]/[干渉電力]の重み付けを行う。すなわち、各バスのビーム出力に対して合成後のSINRが最大になるように重み付けを行う。なお、演算量を節約するために希望波振幅のみの重み付けを行うようにしてもよい。この場合、レイク合成重み付け手段4-1~4-Lの重み付け方法は任意の方法を採用することができる。

【0070】合成器5は、各バスの重み付けされた出力を加算し、復調出力を得る。すなわち、バス信号処理手段1-1~1-Lの出力を加算することで、高品質な復調出力を得る。

【0071】以上に述べたように、この第1の実施の形態における適応アンテナ受信装置は、隣接アンテナ間の相関を複数検出し、それらを加算することで付加的な平均効果を得るとともに、アンテナ重みとして固定ビーム重みを生成する。従って、アンテナ重み計算の平均時間が短い場合でもビーム中心方向のずれが少なく、優れたビーム帯域外の干渉抑圧特性を有する。

【0072】図7に、この適応アレイアンテナ受信装置と従来の適応アンテナ受信装置の特性の一例を示す。横軸は受信SINR(希望波対干渉雑音電力比)、縦軸はビット誤り率特性を示す。

【0073】図7の71に示すように、アンテナ重み計算手段2、あるいは102での平均時間が十分に長い場合には、第1の実施の形態における適応アンテナ受信装置によるビット誤り率特性と従来の装置のビット誤り率特性とは同じになる。これは図5に示すように、アンテナ間の位相差が両構成ともに精度よく推定されるためである。ここでアンテナ重み計算手段2、あるいは102での平均時間とは、アンテナ信号同相平均手段6、あるいは106と時間平均手段9、あるいは108との総合的な平均時間である。

【0074】これに対して、アンテナ重み計算手段2、あるいは102での平均時間が短い場合には、上記適応アンテナ受信装置のビット誤り率特性は72のようになり、従来の装置によるビット誤り率特性は73のようになる。

【0075】このように、上記第1の適応アンテナ受信装置のビット誤り特性が従来の装置よりも良い理由は、第1に、アンテナ相関平均手段8による付加的な平均効果が得られることがあげられる。第2に、固定ビーム重み生成手段11の出力で形成されるビームは固定ビームであるため、ビーム帯域外の利得を低く抑えることができることがあげられる。

【0076】(第2の実施の形態)以下に、本発明の第2の実施の形態である第2の適応アンテナ受信装置について、図2を参照しながら説明する。前記したように、上記第1の適応アンテナ受信装置では、復調受信部において、アンテナ重み計算手段2-1~2-Lによりアンテナ重みを計算し、復調信号に対してビームフォーミングを行う。そして、復調受信部(バス信号処理手段)の前段で別に計算された各バスタイミングで逆拡散された信号を入力としている。この場合、各バスタイミングの計算方法は任意の方法を用いることができる。

【0077】これに対し、この第2の適応アンテナ受信装置では、各バスタイミングを計算する段階でアンテナ重みを計算し、ビームフォーミングした信号を用いてバスタイミングを検出するとともに、復調受信部でも検出したバスタイミングにおけるアンテナ重みを用いてビームフォーミングを行う。以下に詳述する。

【0078】この適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス信号を受信し復調するために、移動通信環境におけるマルチバス伝搬路を通過したCDMA拡散信号を入力とする。図2に示すように、この装置は、スライディング相関器21、アンテナ重み計算手段22、ビームフォーマー23、遅延プロファイル生成手段24、バスタイミング検出手段25、バス数に相当するL(Lは正の整数)個のバス信号処理手段26-1~26-L、および合成器30を有する。

【0079】スライディング相関器21は複数のチップに渡り信号をチップ周期の $1/N_c$ (N_c は1以上の整数)の分解能で逆拡散し、逆拡散信号系列を出力する。一般に、 N_c には4を用いる。

【0080】アンテナ重み計算手段22は、アンテナ毎信号同相平均手段31、隣接アンテナ間相関検出手段32、アンテナ相関平均手段33、時間平均手段34、正規化手段35、および固定ビーム重み生成手段36を有

する。そして、スライディング相関器21の逆拡散信号系列の各出力に対してアンテナ重みを計算する。各出力に対するアンテナ重み計算手段22の処理は、上記第1の適応アンテナ受信装置でと同様に行う。

【0081】ビームフォーマー23は、スライディング相関器21の各逆拡散信号系列出力に対して固有のアンテナ指向性ビームを形成して受信する。

【0082】遅延プロファイル生成手段24は、ビームフォーミングされた信号系列出力を同相でベクトル平均し、その電力を計算し、さらに任意の時間平均を行うこととて、一定周期で平均した遅延プロファイルを生成する。なお、遅延プロファイル生成手段24の同相平均処理をビームフォーマー23の前段に置き、ビームフォーマー23の演算量を低減するようにしてもよい。さらに、遅延プロファイル作成手段24を、アンテナ毎信号同相平均手段26と共通化してもよい。

【0083】バスタイミング検出手段25は、遅延プロファイルに基づき受信復調部で用いられる複数のバスタイミングを検出する。バスタイミング検出手段25は、一般に、3/4〜1チップのバス選択間隔をとりながら遅延プロファイルからレベルの大きなバスのタイミングを順次選択する方法を好適に用いる。

【0084】バス信号処理手段26-1〜26-Lは、それぞれ相関器27-1〜27-L、ビームフォーマー28-1〜28-L、およびレイク合成重み付け手段29-1〜29-Lを有する。以下、バス#1信号処理手段26-1を例に取り説明する。

【0085】相関器27-1は、バスタイミング検出手段25で検出されたバスタイミングで拡散信号を逆拡散する。ビームフォーマー28-1は、アンテナ重み計算手段22で計算したアンテナ重みのうち該当するバスタイミングのアンテナ重みを用い、アンテナ指向性ビームで相関器27-1の出力を受信する。レイク合成重み付け手段29-1は、各バスのビーム出力に重み付けを行う、より詳しくは、合成後のSINRが最大になるように重み付けを行う。合成器30は、バス信号処理手段26-1〜26-Lの出力を加算し、高品質な復調出力を得る。

【0086】なお、この第2の実施の形態では復調受信部のビームフォーマー28-1〜28-Lはバスタイミング検出手段25で計算されたアンテナ重みを用いるが、復調受信部ではこれとは別のアンテナ重み計算手段22で計算されたアンテナ重みを用いてビームフォーミングを行うようにしてもよい。

【0087】このように、この第2の適応アンテナ受信装置では、各バスタイミングを計算する段階でオープンループ制御で短時間にアンテナ重みを計算し、ビームフォーミングした信号を用いてバスタイミングを検出することで優れたバスタイミング検出特性を実現できる。また、復調受信部ではバスタイミング検出部で用いたアン

テナ重みのうち該当するバスタイミングのアンテナ重みを用いてビームフォーミングを行うことで復調受信部で新たにアンテナ重みを計算する必要がなくなる。

【0088】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、隣接アンテナ間の相関を複数検出し、それらを加算することで付加的な平均効果を得るとともに、アンテナ重みとしてアンテナの幾何学的中心を0位相シフトとする固定ビーム重みを用いることで、アンテナ重み計算の平均時間が短い場合でもビーム中心方向のずれが少なく、優れたビーム帯域外の干渉抑圧特性を実現できる。

【0089】また本発明では、各バスタイミングを計算する段階でオープンループ制御で短時間にアンテナ重みを計算し、ビームフォーミングした信号を用いてバスタイミングを検出することで、優れたバスタイミング検出特性を実現することができる。

【0090】さらに本発明では、復調受信部ではバスタイミング検出部で用いたアンテナ重みのうち該当するバスタイミングのアンテナ重みを用いてビームフォーミングを行うことで、復調受信部で新たにアンテナ重みを計算する必要がない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】本発明による第2の実施の形態を示すブロック図である。

【図3】ビームフォーマーを示すブロック図である。

【図4】レイク合成重み付け手段を示すブロック図である。

【図5】アレーアンテナで受信される信号の様子を示す図である。

【図6】本発明によるビームパターンの一例を示す図である。

【図7】本発明による適応アンテナ受信装置と従来の適応アンテナ受信装置の特性の一例を示す図である。

【図8】従来の適応アンテナ受信装置の一例を示すブロック図である。

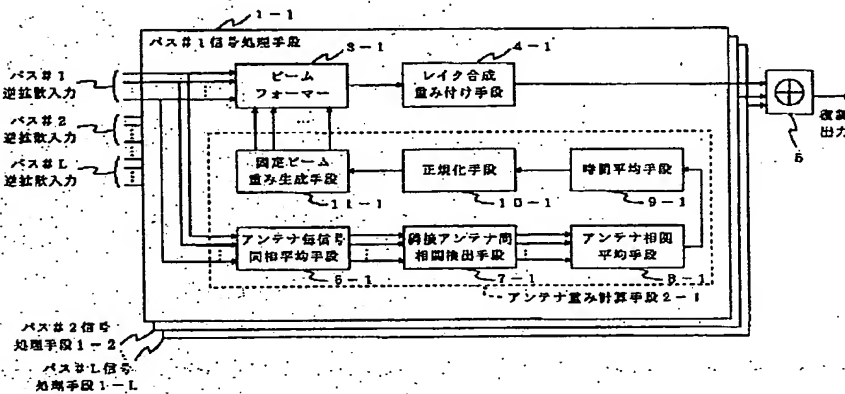
【符号の説明】

1-1〜1-L、26-1〜26-L、101-1〜101-L バス信号処理手段
2-1〜2-L、22、102-1〜102-L アンテナ重み計算手段
3-1〜3-L、23、28-1〜28-L、103-1〜103-L ビームフォーマー
4-1〜4-L、29-1〜29-L、104-1〜104-L レイク合成重み付け手段
5、30、105、43-1〜43-L 合成器
6-1〜6-L、31、106-1〜106-L アンテナ毎信号同相平均手段

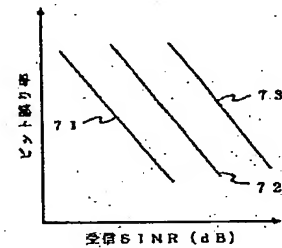
7-1~7-L、32 隣接アンテナ間相関検出手段
 8-1~8-L、33 アンテナ相関平均手段
 9-1~9-L、34、108-1~108-L 時間平均手段
 10-1~10-L、35 正規化手段
 11-1~11-L、36 固定ビーム重み生成手段
 21 スライディング相関器
 24 遅延プロファイル生成手段
 25 パスタタイミング検出手段
 27-1~27-L 相関器
 41-1-1~41-L-N、52-1~52-L 複素共役手段
 42-1-1~42-L-N、53-1~53-L、5*

* 6-1~56-L 乗算器
 51-1~51-L 伝送路推定手段
 54-1~54-L 干渉電力推定手段
 55-1~55-L 逆数計算手段
 61-1~61-N アンテナ素子
 71 アンテナ重み計算手段での平均時間が十分長い場合の本発明と従来のビット誤り率特性
 72 アンテナ重み計算手段での平均時間が短い場合の本発明のビット誤り率特性
 73 アンテナ重み計算手段での平均時間が短い場合の従来のビット誤り率特性
 107-1~107-L 対基準アンテナ相関検出手段

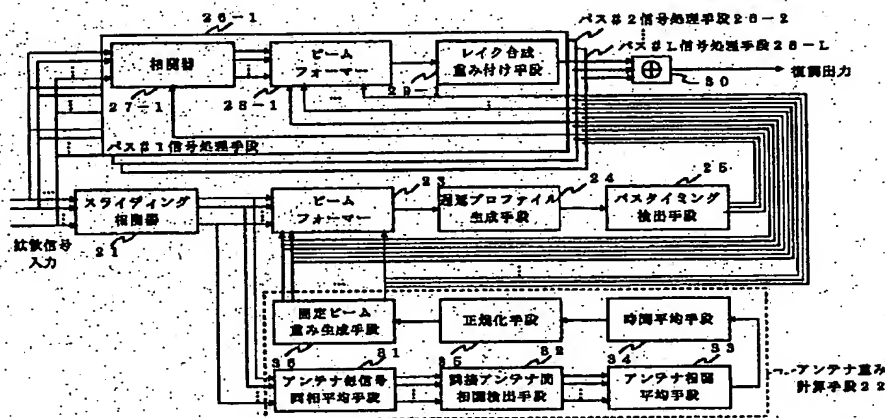
【図1】



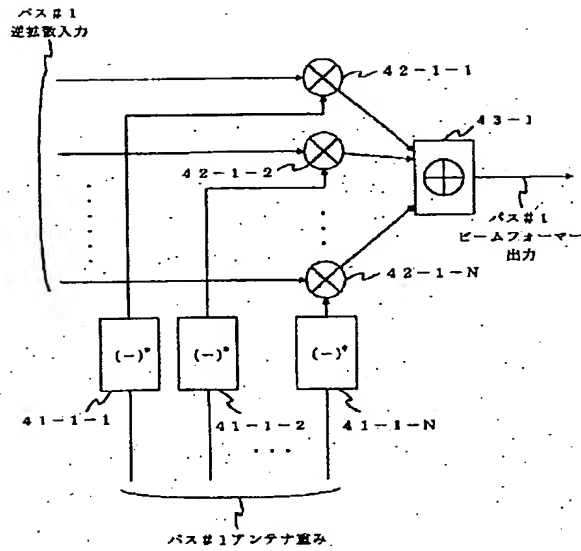
【図7】



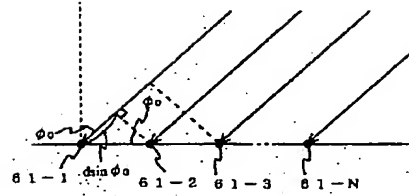
【図2】



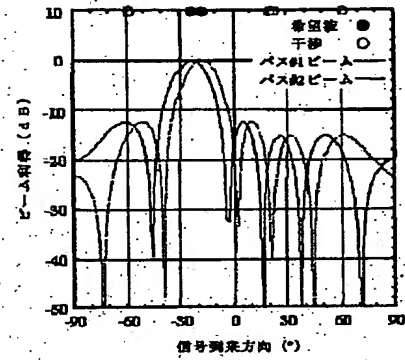
【図3】



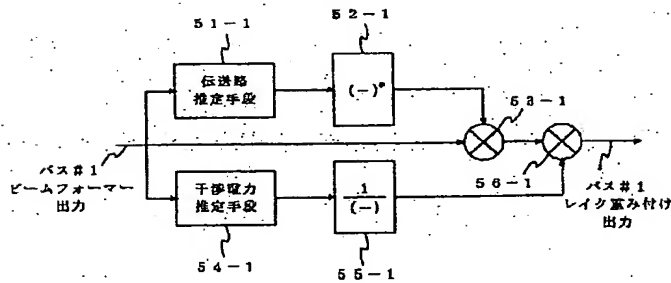
【図5】



【図6】



【図4】



【図8】

